БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
SAFETY OF HUMAN ACTIVITY



УДК 621.9.06:628.5 10.23947/1992-5980-2017-17-4-151-157

Распределение вибраций по несущей системе станков при шарико-стержневом упрочнении узлов колесных пар*

Н. И. Стуженко[1], М. А. Тамаркин[2]**

[1] Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ, г. Шахты, Российская Федерация

[2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Vibration distribution over support system of machine tools under ball-rod hardening of wheelpair assemblies ***

N. I. Stuzhenko[1], M. A. Tamarkin[2]**

[1] Institute of Service and Business (DSTU branch), Shakhty, Russian Federation

[2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Введение. Звуковое поле в рабочей зоне операторов оборудования (в частности, при шарико-стержневом упрочнении узлов колесных пар) формируется одновременным излучением звуковой энергии из двух источников. Первый: акустическая подсистема «упрочняемая заготовка — упрочнитель». Второй: все элементы несущей системы станков — в частности, корпуса шпиндельных бабок, станины и т. д. При измерении уровней звукового давления определить вклад каждого отдельного источника практически невозможно, поэтому необходимо провести экспериментальные исследования распределения вибраций по всей несущей системе станка — как на холостом ходу, так и при реализации технологического процесса.

Материалы и методы. Измерения уровней вибраций проводились при определенных технологических операциях. Обработка поверхностей катания выполнялась на колёсотокарном станке, на котором вместо режущего инструмента устанавливались шарико-стержневые упрочнители. Упрочнение посадочных поверхностей осей колесных пар выполнялось на специальном осетокарном станке, на котором вместо резцов устанавливались шарико-стержневые упрочнители. Упрочнение посадочной поверхности колеса выполнялось на токарно-карусельном станке. Во всех этих случаях измерялись октавные уровни вибрации на холостом ходу и в процессе упрочнения. Сравнение спектров вибраций со спектрами шума позволяет косвенно определить долевой вклад элементов несущей системы станка в звуковое поле на рабочих местах операторов.

Результаты исследования. Цель исследований, результаты которых приведены в данной статье, заключалась в изучении закономерностей распределения уровней вибрации по элементам несущих систем оборудования шарико-стержневого упрочнения колесных пар. Качественная оценка долевого вклада каждого источника (упрочняемая деталь, упрочнитель и элементы несущей системы) может быть выполнена на основе сравнения спектров шума и вибрации. Измерения проводились на трех типах станков: специальном колёсотокарном, на котором упрочняется поверхность катания; специальном

Introduction. Acoustic field in the allowable zone of the equipment operators, and, in particular, under ball-rod hardening of wheelpairs, is generated by the simultaneous emission of sound energy from two sources. The first one is the acoustic subsystem of “hardenable workpiece – reinforcer”. The second source includes all elements of the supporting machine system, in particular, spindle head housings, foundation slab, etc. When measuring sound pressure levels, it is practically impossible to detect the contribution from each separate source, therefore it is needed to carry out experimental studies on the distribution of vibrations throughout the entire machine carrier system both at idle speed and under the process implementation.

Materials and Methods. Measurements of the vibration levels were carried out under certain technological operations. Roll surface machining was performed on a wheel-turning lathe on which ball-rod reinforcers were installed instead of cutting tools. Hard-facing of the landing surfaces of the wheelpair axles was carried out on a purpose-designed axle turning lathe on which the ball-rod reinforcers were installed in place of the cutters. Hard-facing of the wheel landing surface was carried out on a boring-and-turning lathe. In all these cases, octave vibration levels were measured at idle and under hardening. Comparison of the vibration spectra and noise spectra makes it possible to determine implicitly the contribution of the machine carrier system elements to the sound field at the operators' workplaces.

Research Results. The research objectives, the results of which are given, consisted in studying the regularities in the distribution of vibration levels throughout the elements of the bearing systems of the ball-rod hardening equipment for wheelpairs. A qualitative assessment of the contribution of each source (hardenable part, reinforcer, and elements of the supporting system) can be performed on the basis of comparing the noise and vibration spectra. Measurements were carried out on three types of machines: special wheel-turning lathe on which the rolling surface is hardened; purpose-designed axle turning lathe on which the landing surface

*Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

**E-mail: n.stuzhenko@mail.ru, tehn_rostov@mail.ru

**The research is done within the frame of the independent R&D.

осетокарном, на котором упрочняется посадочная поверхность оси колесной пары; токарно-карусельном, на котором упрочняется отверстие колеса.
Обсуждение и заключение. Результаты измерений вибраций показали, что интенсивность звукового излучения элементов несущей системы станков не создает превышений над санитарными нормами шума. Таким образом, разработка системы шумовиброзащиты может быть ограничена подсистемой «упрочняемая заготовка — упрочнитель».

of the wheelpair axle is strengthened; and boring-and-turning lathe on which the wheel opening is reinforced.
Discussion and Conclusions. The results of vibration measurements show that the intensity of sound emission of the machine carrier system elements does not cause excess over the sanitary norms of noise. Thus, the development of a noise-vibration protection system can be limited to the "hardenable workpiece – reinforcer" subsystem.

Ключевые слова: вибрация, шарико-стержневое упрочнение, колесные пары.

Keywords: vibration, ball-rod hardening, wheelpairs.

Образец для цитирования: Стуженко, Н. И. Распределение вибраций по несущей системе станков при шарико-стержневом упрочнении узлов колесных пар / Н. И. Стуженко, М. А. Тамаркин // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17, № 4. — С. 151–157.

For citation: N.I. Stuzhenko, M.A. Tamarkin.. Vibration distribution over support system of machine tools under ball-rod hardening of wheelpair assemblies. Vestnik of DSTU, 2017, vol. 17, no.4, pp. 151–157.

Введение. При измерениях уровня звукового давления в рабочей зоне операторов чрезвычайно затруднительно оценивать долевой вклад отдельных источников в звуковое поле, поскольку все они одновременно излучают звуковую энергию. Поэтому была проведена серия экспериментов, позволившая детально изучить распределение вибраций по несущей системе колёсотокарного станка. Измерения спектров вибраций производилось согласно методам, представленным в работах [1–10].

Основная часть. Пьезоакселерометр устанавливался непосредственно на основные излучающие звук поверхности станка и упрочнитель. Колесная пара при упрочнении вращается, поэтому уровень вибрации на самих колесах и оси колесной пары не измерялся.

Результаты измерений приведены на рис. 1.

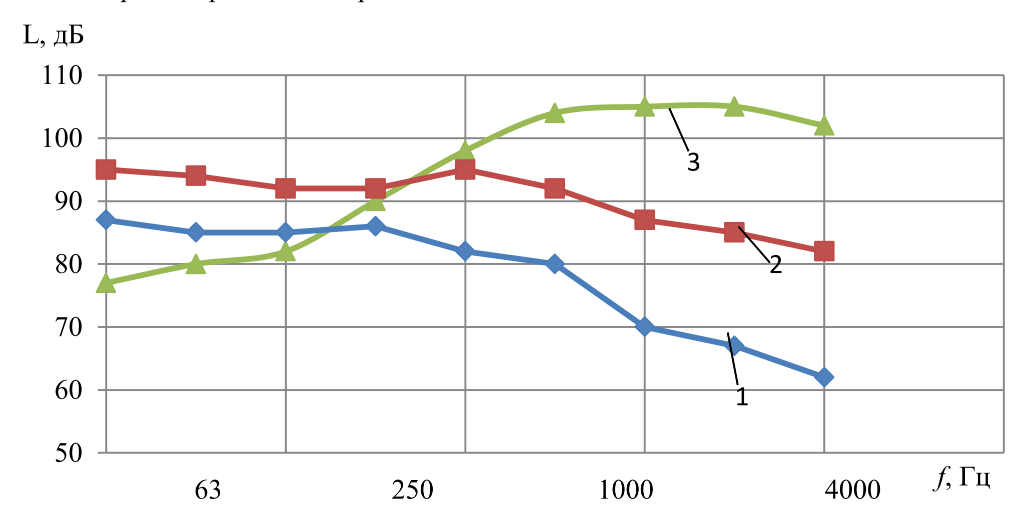


Рис. 1. Спектры вибраций на элементах колесотокарного станка: 1 — на станине; 2 — на крышке переднего шпиндельного подшипника; 3 — на упрочнителе

Fig. 1. Vibration spectra on wheel-turning lathe elements: 1 - on frame; 2 - on front spindle bearing cover; 3 - on hardener

Отметим, что для сравнения спектров измерения вибрации производились не в нормируемом диапазоне вибраций (4–63 Гц) и звуковых частот.

Минимальные уровни вибрации в диапазоне 500–8000 Гц (недопустимом по санитарным нормам) не превышают 80 дБ. Они на 8–20 дБ ниже, чем на крышке шпиндельного подшипника, и носят низкочастотный характер. Характер спектра вибрации на крышке подшипника среднечастотный.

Спектр же вибрации на корпусе упрочнителя — ярко выраженный высокочастотный и по характеру спектрального состава соответствует спектрам шума.

Распределение вибраций на корпусах шпиндельной бабки приведено на рис. 2 и в таблице 1.

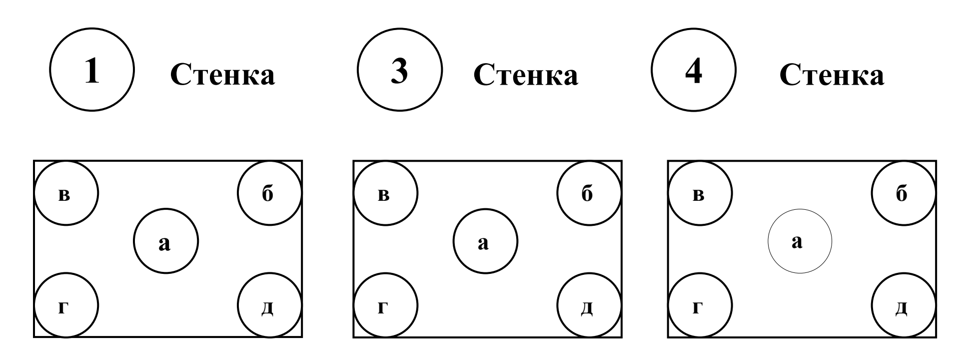


Рис. 2. Схема расположения точек измерения вибраций

Fig. 2. Layout chart of vibration measure points

Таблица 1

Table 1

Распределение вибраций по корпусу шпиндельной бабки

Vibration distribution over spindle case

Частота, Гц									
Точка № 1									
	а		б		в		г	д	
63	95,4	94,5	90,4	90,1	97,4	97,5	92,3	86,6	86,8
125	94,5	94,0	90,4	90,4	95,5	95,7	91,5	87,9	87,2
250	93,7	93,7	92,8	92,8	95,0	95,0	90,4	90,2	90,3
500	93,0	93,1	94,0	94,1	93,4	93,6	90,7	89,9	90,1
1000	96,2	96,1	97,7	97,6	94,3	94,8	92,7	93,8	94,1
2000	84,5	84,9	87,1	87,2	84,2	84,4	81,0	83,3	83,5
4000	85,2	85,8	80,6	80,5	79,1	78,6	83,7	86,4	85,9
8000	80,8	80,9	84,8	84,8	80,7	80,3	75,3	81,0	80,1

Точка № 3									
	а		б	в		г		д	
63	89,8	90,2	97	99,3	99,0	85,7	85,3	90,3	89,3
125	87,9	87,5	98,5	96,4	96,1	85,3	84,7	88,4	87,6
250	89,0	88,6	96,5	94,7	94,4	85,8	85,6	89,1	87,6
500	85,1	84,9	89,5	88,9	88,8	82,7	82,5	83,2	82,3
1000	83,6	83,1	91,7	89,9	89,9	84,2	83,5	82,4	81,0
2000	83,1	83,1	95,9	93,4	93,4	86,5	85,6	81,7	80,7
4000	81,1	80,8	84,2	84,3	84,3	81,5	81,2	80,9	79,4
8000	74,3	73,7	81,6	80,4	80,8	74,5	75,2	75,9	75,9

Точка № 4										
	а		б		в		г		д	
63	91,3	91,2	93,0	92,0	90	92	90	91	93	92
125	88,5	88,3	88,6	88,5	87	88	87	88	87	86
250	89,3	88,6	90,4	90,7	88	89	90	92	90	91
500	85,9	85,6	87,3	87,4	85	84	86	87	88	89
1000	86,2	85,9	84,5	84,9	87	86	84	85	81	83
4000	75,5	74,2	71,6	71,8	72	71	70	72	73	74
8000	74,9	73,2	67,2	67,1	63	70	72	73	70	72

В основном вибрации распределяются по элементам корпуса шпиндельной бабки в соответствии с закономерностями, характерными для традиционных токарных станков, оснащенных зубчатым приводом. Однако есть и

существенное отличие. При данном технологическом процессе разница между уровнями вибраций на холостом ходу и при упрочнении не превышает 2 дБ. Это объясняется тем, что при шарико-стержневом упрочнении на реализацию процесса затрачивается значительно меньшая мощность привода, чем на процесс резания. Формирование спектров шума при шарико-стержневом упрочнении осей колесных пар незначительно отличается от описанных выше закономерностей при упрочнении колес (рис. 3).

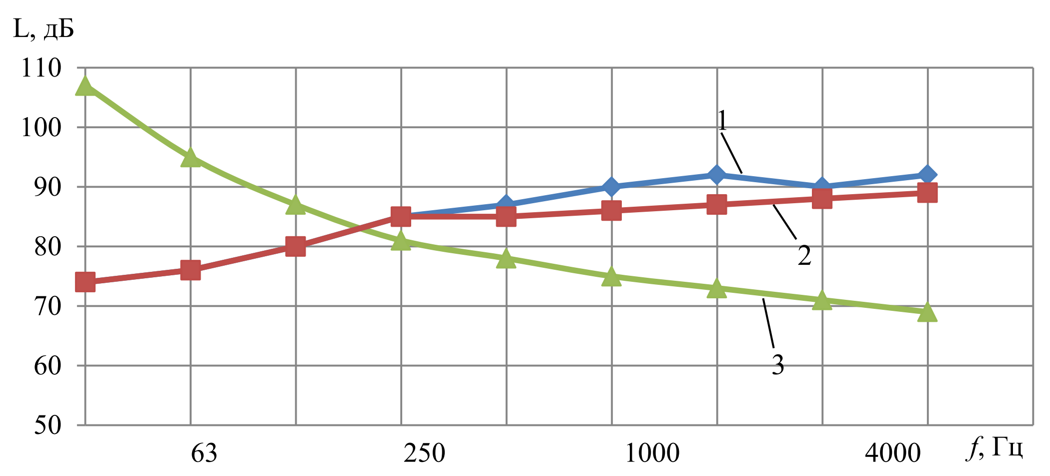


Рис. 3. Спектры шума при упрочнении осей колесных пар: 1 — натяг, 5 мм;
2 — натяг, 2,5 мм; 3 — предельный спектр

Fig. 3. Noise spectra under wheelpair axle hardening: 1 - interference, 5 mm; 2 - interference, 2.5 mm; 3 - limitary spectrum

Распределение вибраций согласно схеме (рис. 4) приведено в табл. 2.

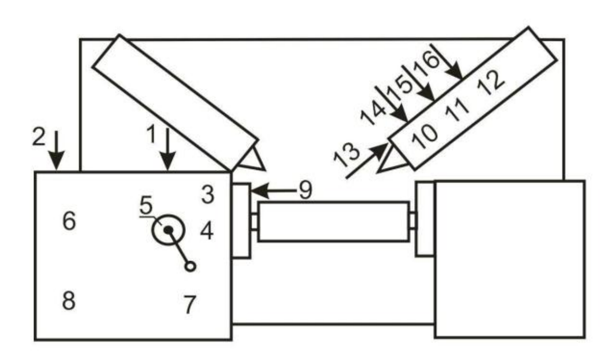


Рис. 4. Точки измерения вибраций осетокарного станка

Fig. 4. Vibration measure points of axle turning lathe

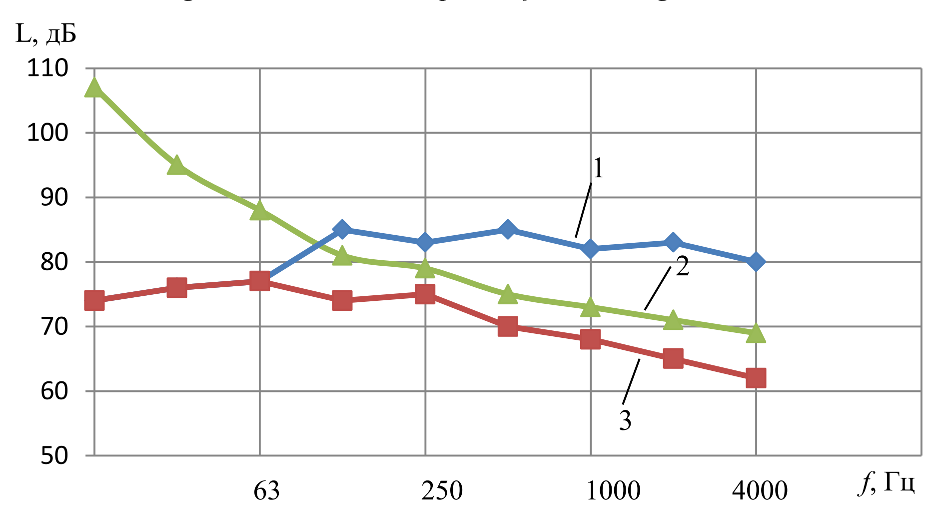


Рис. 5. Спектры шума при упрочнении колеса: 1 — рабочий режим; 2 — холостой ход станка; 3 — предельный спектр

Fig. 5. Noise spectra under wheel hardening: 1 - operating mode; 2 – machine idle running; 3 - limitary spectrum

Таблица 2

Table 2

Распределение вибраций по несущей системе осетокарного станка

Vibration distribution over support system of axle turning lathe

№ точки	Уровни виброскорости (дБ) в октавных интервалах частот (Гц)								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	89	92	91	93	94	96	97	90	82
2		92	92	93	94	97	97	90	84
3		89	91	91	94	97	97	90	82
4		89	90	92	94	97	97	90	81
5		87	90	92	94	97	97	92	94
6		89	90	92	94	97	97	91	92
7		87	90	92	94	97	97	90	82
8		90	91	91	94	97	97	90	83
9		91	91	93	94	97	97	90	83
10		88	89	92	94	95	94	90	80
11		88	89	92	94	95	94	90	80
12		91	91	93	94	95	95	90	80
13		89	90	92	95	96	96	90	80
14		89	89	91	94	96	96	89	80
15		90	91	92	94	96	95	90	80
16		89	91	92	93	96	96	90	80

В отличие от колёсотокарного станка, в этом случае на узлах с упрочнителем наблюдается значительное увеличение уровней вибрации (в точках 10–16). На несущей системе станка изменений в уровнях вибраций не наблюдается.

Значительно менее шумным является технологический процесс шарико-стержневого упрочнения отверстий колес (рис. 5).

Колесо устанавливалось на столе станка, и его внешняя поверхность закрывалась резиновой пластиной толщиной 20 мм. Уровень звукового давления в значительно большей степени превышается за счет звукового излучения упрочнителя и воздушной полости отверстия. Как показали измерения, превышение уровней звукового давления составляет 80–10 дБ. Повышенный уровень шума на частоте 250 Гц также обусловлен работой компрессора.

Результаты измерения уровней вибрации на корпусе компрессора приведены на рис. 6.

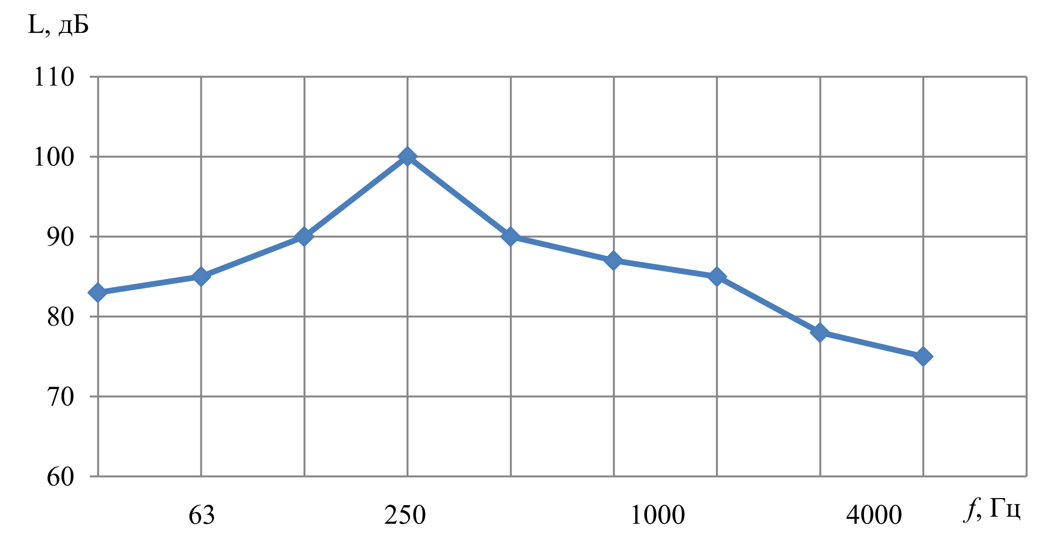


Рис. 6. Спектр вибраций корпуса компрессора

Fig. 6. Vibration spectrum of compressor case

В отличие от распределения вибраций на корпусных деталях станков, компрессор имеет четко выраженный максимум на частоте 250 Гц, что подтверждает измерения уровней звукового давления. Такой спектр близок к тональному, т. к. во всех остальных октавах уровни вибрации ниже на 10 дБ (третья и четвертая октавы) и более.

Выводы. Результаты измерений показали, что во всех трех типах станков элементы несущей системы (шпиндельные бабки, станины) практически не влияют на превышение санитарных норм по уровням звукового давления. Полученные данные имеют значительную практическую ценность, т. к. позволяют ограничить мероприятия по снижению шума средствами шумозащиты системы «упрочняемое изделие — упрочнитель».

Библиографический список

1. Шумомеры. Часть 1. Технические требования : ГОСТ 17187-2010 [Электронный ресурс] / ГОСТы, СНиПы, СанПиНы и др. Образовательный ресурс. — Режим доступа: http://www.g-ost.ru/51675.html (дата обращения: 12.10.17).

2. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению : Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. № 33н [Электронный ресурс] / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. — Режим доступа: http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170.html (дата обращения: 12.10.17).

3. Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах : Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9612-2013 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2014. — 42 с.

4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54500.3-2011/ Руководство ИСОМЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2012. — 76 с.

5. О специальной оценке условий труда : федер. закон [Электронный ресурс] / Государственная Дума ; Совет Федерации. — Режим доступа: http://www.rg.ru/2013/ 12/30/ocenka-dok.html (дата обращения: 12.10.17).

6. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901703278.html (дата обращения: 12.10.17).

7. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/90170328.html (дата обращения: 12.10.17).

8. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки : СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200029239.html (дата обращения: 12.10.17).

9. Чукарин, А. Н. Улучшение условий труда операторов высокоскоростных прутковых токарных станков за счет снижения шума / А. Н. Чукарин, В. А. Минко, Т. А. Финоченко. — Ростов-на-Дону. — Изд. центр ДГТУ, 2012. — 140 с.

10. Стуженко, Н. И. Экспериментальные исследования спектров шума процесса шарико-стержневого упрочнения узлов колесных пар / Н. И. Стуженко // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — № 1 (88). — С. 92–98.

Reference

1. Shumomery. Chast' 1. Tekhnicheskie trebovaniya: GOST 17187-2010. [State standard 17187-2010. Sound level meters. Part 1. Technical requirements.] Available at: http://www.g-ost.ru/51675.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

2. Ob utverzhdenii Metodiki provedeniya spetsial'noy otsenki uslo-viy truda, Klassifikatora vrednykh i (ili) opasnykh proizvodstvennykh faktorov, formy otcheta o provedenii spetsial'noy otsenki usloviy truda i instruktsii po ee zapolneniyu: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity RF ot 24 yanvarya 2014 g. № 33n. [On approval of Methodology for special assessment of working conditions, Classifier of occupational and (or) process safety hazards, reporting form on special evaluation of working conditions and its completion guidelines: Order of Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of January 24, 2014, no. 33n] Available at: http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

3. Akustika. Izmereniya shuma dlya otsenki ego vozdeystviya na chelove-ka. Metod izmereniy na rabochikh mestakh: Natsional'nyy standart RF GOST R ISO 9612-2013. Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. [National Standard RF GOST R ISO 9612-2013. Acoustics. Noise measurement for the purpose of evaluating human exposure to noise. Method of measurements at workplaces.] Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Moscow: Standartinform, 2014, 42 p. (in Russian).

4. Natsional'nyy standart RF GOST R 54500.3-2011/ Rukovodstvo ISOMEK 98-3:2008. Neopredelennost' izmereniya. Chast' 3. Rukovodstvo po vyrazheniyu neopredelennosti izmereniya. Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu reguliro-

vaniyu i metrologii. [National Standard RF GOST R 54500.3-2011. ISO/ IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement.] Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Moscow: Standartinform, 2012, 76 p. (in Russian).

5. O spetsial'noy otsenke usloviy truda: feder. zakon. [On special assessment of working conditions: Federal law.] Available at: http://www.rg.ru/2013/ 12/30/ocenka-dok.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

6. Shum na rabochikh mestakh, v pomeshcheniyakh zhilykh, obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloy zastroyki: SN 2.2.4/2.1.8.562-96. [Noise at workplaces, in residential and public buildings, and on residential development territory: SN 2.2.4/ 2.1.8.562-96.] SCSES RF. Available at: http://docs.cntd.ru/document/901703278.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

7. Proizvodstvennaya vibratsiya, vibratsiya v pomeshcheniyakh zhilykh i ob-shchestvennykh zdaniy: SN 2.2.4/2.1.8.566-96. [Industrial vibration, vibration in premises of residential and public buildings: SN 2.2.4 / 2.1.8.566-96.] SCSES RF. Available at: http://docs.cntd.ru/document/90170328.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

8. Infrazvuk na rabochikh mestakh, v zhilykh i obshchestvennykh pomeshche-niyakh i na territorii zhiloy zastroyki: SN 2.2.4/2.1.8.566-96. [Infrasound at workplaces, in residential and public premises and on residential development territory: SN 2.2.4/2.1.8.566-96.] SCSES RF. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200029239.html (accessed: 12.10.17) (in Russian).

9. Chukarin, A.N., Minko, V.A., Finochenko, T.A. Uluchshenie usloviy truda operatorov vysokoskorostnykh prutkovykh tokarnykh stankov za schet snizheniya shuma. [Improving the working conditions of operators of high-speed bar lathes through reducing noise.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2012, 140 p. (in Russian).

10. Stuzhenko, N.I. Eksperimental'nye issledovaniya spektrov shuma protsessa shariko-sterzhnevogo uprochneniya uzlov kolesnykh par. [Experimental studies on noise spectra of ball-rod hardening of wheel pair assemblies.] Vestnik of DSTU, 2017, no. 1 (88), pp. 92–98 (in Russian).

Поступила в редакцию 12.09.2017
Сдана в редакцию 12.09.2017
Запланирована в номер 15.10.2017

Received 12.09.2017
Submitted 12.09.2017
Scheduled in the 15.10.2017

Об авторах:

Стуженко Наталья Игоревна,
старший преподаватель кафедры «Строительство и техносферная безопасность» Института сферы обслуживания и предпринимательства Донского государственного технического университета (РФ, 346500, г. Шахты, ул. Шевченко, 147),
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7724-3156
n.stuzhenko@mail.ru

Тамаркин Михаил Аркадьевич,
заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор,
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9558-8625
tehn_rostov@mail.ru

Authors:

Stuzhenko, Natalya I.,
senior lecturer of the Construction and Technosphere Safety Department, Institute of Service and Business (DSTU branch), (RF, 346500, Shakhty, Shevchenko St., 147),
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7724-3156
n.stuzhenko@mail.ru

Tamarkin, Mikhail A.,
head of the Engineering Technology Department, Don State Technical University (RF, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin sq., 1), Dr.Sci. (Eng.), professor,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8141-9529
tehn_rostov@mail.ru